

IMPLEMENTASI HTB (*HIERARCHICAL TOKEN BUCKET*) UNTUK MANAJEMEN *BANDWIDTH* PADA ROUTER INTERNET DI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

HTB (*Hierarchical Token Bucket*) bandwidth management implementation on Jenderal Soedirman University

Dwi Ary Asmoro^{1,2}, Hesti Susilawati¹, Azis Wisnu Widhi Nugraha¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Mayjend Sungkono KM 05 Blater Purbalingga Indonesia

²Email : asmo_konde@yahoo.co.id

Abstract

HTB (*Hierarchical Token Bucket*) bandwidth management implementation on Jenderal Soedirman University is an improvement from PCQ (*Per Connection Queue*) bandwidth management. PCQ divide traffic automatically based on active users, it's weakness is in dividing a large amount of active users. The HTB impelentation refers to Mikrotik RouterOS queue tree, consists of class and parent that is filled by outgoing-interface. Each parent is adjusted based on IP adress block on each node, and determine packet-mark through IP-firewall-mangle. From the implementation result, 2 Global-total or main parent can be obtained, Unsoed down and Unsoed up. 29 Global-in or parent child down and 29 Global-out or parent child up which each parent max-limit is determined by 17,5 Mbps. The users satisfaction based independent sample t-test give the mean value of HTB browsing is 2,823 and PCQ browsing is 2,79. The mean value of HTB downloading is 2,616 and PCQ downloading is 2,636. Those values show that theres no significant differences in Unsoed internet users satisfaction.

Keywords : Implementation of bandwidth, Mikrotik RouterOS, queue, parent.

PENDAHULUAN

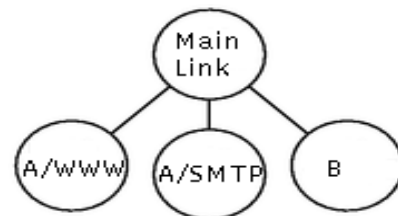
Manajemen *bandwidth* Unsoed tipe PCQ (*Per Connection Queue*), yang bisa secara otomatis membagi trafik per-*client* berdasarkan jumlah *user* yang aktif. Namun memiliki kelemahan, kadangkala terjadinya kebocoran *bandwidth* atau *bandwidth*-nya tidak secara *real* terbagi dengan adil. Oleh karena itu perlu diterapkan manajemen baru tanpa harus mengurangi kelebihan yang sudah ada, yaitu manajemen *bandwidth* tipe HTB (*Hierarchical Token Bucket*), yang menjamin pengguna jaringan mendapatkan *bandwidth* sesuai dengan yang telah didefinisikan, dan juga terdapat fungsi pembagian *bandwidth* yang adil di antara pengguna jaringan sehingga performansi jaringan tetap dapat terjaga.

Penelitian ini dimaksudkan untuk memilih metode mana yang paling efektif untuk pendistribusian *bandwidth* dengan cara membandingkan kinerja manajemen *bandwidth* PCQ yang sudah diterapkan Unsoed dengan HTB yang akan diimplementasikan. Dengan kesimpulan awal bahwa teknik HTB lebih tepat diterapkan di manajemen *bandwidth* Unsoed. Hasil akhir dari penelitian ini mudah-mudahan HTB dapat memberikan solusi bagaimana permasalahan pendistribusian *bandwidth* di Unsoed.

TINJAUAN PUSTAKA

A. HTB (*Hierarchical Token Bucket*)

HTB merupakan salah satu disiplin antrian yang memiliki tujuan untuk menerapkan *link sharing* secara presisi dan adil. Gambar 1 dalam konsep *link sharing*, jika suatu kelas meminta kurang dari jumlah servis yang telah ditetapkan untuknya, sisa *bandwidth* akan didistribusikan ke kelas-kelas yang lain yang meminta servis (Anonim, 2006).



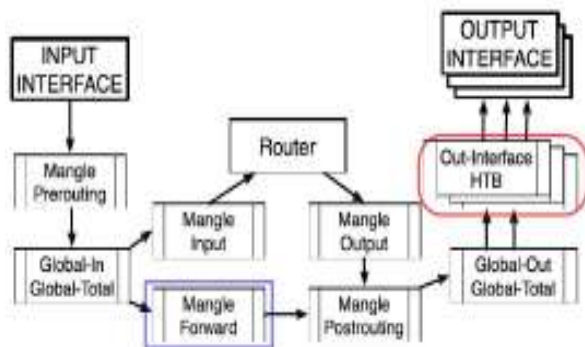
Gambar 1. Konsep *link sharing*.

HTB menggunakan TBF (*Token Bucket Filter*) sebagai *estimator* yang sangat mudah diimplementasikan. TBF sangat mudah di *setting*, karena *Estimator* ini hanya menggunakan parameter *rate*, sehingga hanya perlu mengeset *rate* yang akan diberikan ke suatu kelas. Oleh karena itu HTB lebih

mudah dan *intuitif* dibandingkan dengan manajemen *bandwidth* lain.

Pada HTB terdapat parameter *ceil* sehingga kelas akan selalu mendapatkan *bandwidth* di antara *base rate* dan nilai *ceil rate*-nya. Parameter ini dapat dianggap sebagai *estimator* kedua, sehingga setiap kelas dapat meminjam *bandwidth* selama *bandwidth* total yang diperoleh memiliki nilai di bawah nilai *ceil*.

B. IPtables Manajemen Bandwidth Mikrotik



Gambar 2. *Packet marking*.

Diagram alur *packet marking* HTB pada gambar 2, dapat dijelaskan sebagai berikut (Anonim, 2009).

1. *Mangle* harus dilakukan sebelum *queue*.
2. *Mangle* harus dilakukan pada *chain prerouting* agar dapat digunakan pada *simple queue*.
3. Jika *queue* dilakukan hanya pada *chain* tertentu, maka menggunakan *queue tree*.
4. *Mangle* pada *chain prerouting* akan berpengaruh pada semua trafik *input* ataupun *forward*.
5. *Mangle* pada *chain postrouting* akan berpengaruh pada trafik *output* dan *forward*.
6. Jika *mangle* dilakukan pada *chain forward*, maka *queue* dilakukan pada *global out* atau *interface queue*.

C. Router Internet Unsoed

1). Router

Berfungsi sebagai pengatur lalulintas jaringan, menghubungkan beberapa jaringan kedalam suatu kesatuan jaringan yang lebih besar. Pada jaringan internet Unsoed, router yang digunakan merupakan MikroTik RouterOS versi 6 + IDE DOM yang terpasang di PC (*Personal Computer*).

2). MikroTik RouterOS Queues

MikroTik RouterOS™, merupakan sistem operasi Linux base yang diperuntukkan sebagai *network router*. Didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunaanya. Administrasinya bisa dilakukan melalui *Windows Application* (WinBox). Berikut ini adalah beberapa *feature* dari mekanisme kontrol *bandwidth* MikroTik RouterOS (Anonim, 2010).

- a. Membatasi tingkat data untuk alamat IP tertentu, *subnet*, *protokol*, *port*.
- b. Memprioritaskan beberapa arus paket.
- c. Menggunakan antrian untuk mempercepat *browsing*.

- d. Menerapkan antrian pada interval-interval waktu yang pasti.
- e. Berbagi lalu lintas yang tersedia diantara para pengguna secara adil, atau tergantung pada muatan saluran.

METODE PENELITIAN

A. Tahap-tahap dari implementasi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

i. Tahap perencanaan

Dalam penelitian ini, penulis mengambil materi penelitian mengenai implementasi HTB (*Hierarchical Token Bucket*) untuk manajemen *bandwidth* pada jaringan internet di Universitas Jenderal Soedirman. Parameter-parameter yang diamati sebagai berikut.

1. Mengkaji kekurangan dan kelebihan manajemen *bandwidth* yang sudah diterapkan di *network* Unsoed.
2. Jumlah *user* aktif pada masing-masing *node* dan kebutuhan *bandwidth* tiap *node*.
3. Jumlah *bandwidth* yang tersedia di jaringan Unsoed.
4. Jumlah blok IP *address* yang digunakan di jaringan Unsoed.
5. Menentukan teknik dan metode yang digunakan dalam implementasi manajemen *bandwidth*.

ii. Tahap perancangan

Pada tahapan ini, semua data yang sudah dikumpulkan akan diolah dengan rincian sebagai berikut.

1. Merencanakan dan menentukan *bandwidth* yang diprioritaskan pada masing-masing *node* di jaringan Unsoed dengan menggunakan rumus:

$$BW_{node} = \frac{\text{user aktif per node}}{\text{rata - rata user}} \times \text{Total BW} \quad (1)$$

2. Menyusun tabel IP *address* yang akan digunakan dalam pengaturan *bandwidth*.

iii. Tahap implementasi

Tahap implementasi HTB terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut.

1. Membuat *queue tree* di Mikrotik yang terdiri dari *class* dan *parent*, yang harus diisi dengan *outgoing-interface*.
2. Menentukan *packet-mark*, dengan membuat terlebih dahulu di *ip-firewall-mangle*.
3. Menentukan *max-limit* di setiap *class* dan *parent* yang merupakan batas kecepatan maksimum, atau dikenal juga dengan MIR (*Maximum Information Rate*).

iv. Tahap analisis

Pada tahap ini, akan dianalisis sejauh mana kinerja manajemen *bandwidth* teknik HTB dengan melakukan perbandingan terhadap manajemen *bandwidth* Unsoed sebelumnya saat menggunakan PCQ, melalui parameter

PARENT	IP ADDRESS	Grand Total	AVERAGE Per 1/2 Jam	% USER	BW (Mbps) 17,5
Puskom	10.0.0.0/16	544,95	26,35	0,1176287	2,0585019
Fisip	10.1.0.0/16	100,6	4,83	0,0215615	0,3773269
MAP	10.2.0.0/16	64,43	3,19	0,0142404	0,2492076
Teknik	10.3.0.0/16	155,73	7,64	0,0341056	0,5968484
Perpustakaan	10.4.0.0/16	95,11	4,34	0,0193741	0,3390474
P3AI	10.5.0.0/16	13,6	0,65	0,0029017	0,050779
Pusat Administrasi	10.6.0.0/16	170,29	8,16	0,0364269	0,6374715
Ekonomi	10.7.0.0/16	83,99	4,09	0,0182581	0,319517
Rektorat	10.8.0.0/16	117,88	5,61	0,0250435	0,4382617
P2T	10.9.0.0/16	23,44	1,14	0,0050891	0,0890585
Pasca Ekonomi	10.10.0.0/16	218,43	10,56	0,0471408	0,8249632
Hukum	10.11.0.0/16	271,78	13,08	0,0583903	1,0218294
Registrasi	10.12.0.0/16	57,6	2,79	0,0124548	0,217959
SPMB	10.13.0.0/16	13,79	0,66	0,0029463	0,0515602
Roedhiro	10.14.0.0/16	345,61	16,73	0,0746842	1,3069729
Farmasi	10.32.0.0/16	7,45	0,37	0,0016517	0,028905
LPM / Lemlit	10.33.0.0/16	76,6	4,03	0,0179903	0,3148297
Bahasa	10.34.0.0/16	36,27	1,91	0,0085264	0,1492121
Peternakan	10.35.0.0/16	201,11	10,58	0,04723	0,8265256
MIPA	10.36.0.0/16	547,79	28,83	0,1286996	2,2522432
Pertanian	10.37.0.0/16	549,75	28,93	0,129146	2,2600554
Biologi	10.38.0.0/16	373,42	19,65	0,0877193	1,5350877
Pasca Sarjana	10.39.0.0/16	112,11	5,9	0,0263381	0,4609169
FKIK	10.40.0.0/16	13,61	0,72	0,0032141	0,0562475
Kesehatan Masyarakat	10.41.0.0/16	22,59	1,19	0,0053123	0,0929646
Perikanan dan Kelautan	10.42.0.0/16	25,6	1,35	0,0060265	0,105464
Kedokteran	10.64.0.0/16	0	0	0	0
Kalibakal	10.66.0.0/16	16,95	0,89	0,003973	0,0695281
Teknik Purbalingga	10.67.0.0/16	186,93	9,84	0,0439266	0,7687157
Grand Total		4447,41	224,01	1	17,5

pengukuran terhadap *throughput* di setiap *node* dengan menggunakan persamaan 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil studi lapangan mengenai kebutuhan kapasitas jaringan komputer di pusat komputer Universitas Jenderal

Soedirman per tanggal 17 September 2010 adalah 6.493 *users*. Kemudian berdasarkan hasil pengamatan, jumlah rata-rata *user* harian yang aktif per setengah jam adalah 224 *users* per hari. Hasil pengamatan trafik *bandwidth* Unsoed per tanggal 28

Oktober – 3 November 2010 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata *parent* pada jam 08.00-17.00 WIB

A.

Pada tahap analisis ini, akan dilakukan sebuah perbandingan sistem QoS antara HTB yang diimplementasikan dengan manajemen *bandwidth* PCQ sebelumnya di *router* internet Unsoed.

1. PCQ Unsoed

Nilai *rate* di patok di angka 1 Mbps, hal ini mengasumsikan setiap *user* bisa mendapatkan jatah *bandwidth* 1 Mbps. Nilai *rate* merupakan total *bandwidth* yang didapat untuk tiap-tiap *subqueue*-nya, bukan merupakan total *bandwidth* yang akan dibagi untuk semua *subqueue*-nya.

Queue type

- *Type name* = *PCQunsoed_down*
- *Kind* = *pcq*
- *Rate* = 1 Mbps
- *Limit* = 50
- *Classifier* = *dst-address*

- *Type name* = *PCQunsoed_up*
- *Kind* = *pcq*
- *Rate* = 512 kbps
- *Limit* = 50
- *Classifier* = *scr-address*

PCQ dengan *rate* 1 Mbps memiliki kelemahan, kadangkala terjadinya kebocoran *bandwidth* atau *bandwidth*-nya tidak secara *real* terbagi dengan adil.

2. HTB Unsoed

Hasil dari konfigurasi pada manajemen *bandwidth* teknik HTB di *router* internet Unsoed dapat dilihat pada gambar 3. Hasil *throughput* atau *avg rate* yang didapat pada saat pemakaian *bandwidth* oleh masing-masing *parent*, masing-masing *parent child* mendapatkan jatah *bandwidth* berbeda-beda sesuai jumlah rata-rata *user* aktif per hari.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...	Max Limit ...	Avg. Rate
unsoed_down	vlan2-core			17500k	16.7 Mbps
MIPA_down	unsoed_down	MIPA_packet	2252k	17500k	2.4 Mbps
Pertanian_down	unsoed_down	Pertanian_packet	2260k	17500k	1424.0 kbps
Pasca_ekonomi_down	unsoed_down	Pasca_ekonomi_packet	824k	17500k	612.1 kbps
Hukum_down	unsoed_down	Hukum_packet	1M	17500k	1559.2 kbps
Roedhro_down	unsoed_down	Roedhro_packet	1300k	17500k	1055.5 kbps
Teknik_blater_down	unsoed_down	Teknik_blater_packet	768k	17500k	1960.3 kbps
Biologi_down	unsoed_down	Biologi_packet	1500k	17500k	1436.2 kbps
Peternakan_down	unsoed_down	Peternakan_packet	826k	17500k	997.6 kbps
Puskom_down	unsoed_down	Puskom_packet	2M	17500k	861.8 kbps
Pusat_administrasi_down	unsoed_down	Pusat_administrasi_packet	637k	17500k	471.5 kbps
Fisip_down	unsoed_down	Fisip_packet	377k	17500k	480.3 kbps
Teknik_elektro_down	unsoed_down	Teknik_elektro_packet	597k	17500k	751.5 kbps
Perpustakaan_down	unsoed_down	Perpustakaan_packet	339k	17500k	533.9 kbps
Ekonomi_down	unsoed_down	Ekonomi_packet	319k	17500k	53.6 kbps
Perikanan_kelautan_down	unsoed_down	Perikanan_kelautan_packet	150k	17500k	186.3 kbps
Pasca_sajana_down	unsoed_down	Pasca_sajana_packet	460k	17500k	587.2 kbps
Bahasa_down	unsoed_down	Bahasa_packet	149k	17500k	101.7 kbps
Registrasi_down	unsoed_down	Registrasi_packet	217k	17500k	0 bps
MAP_down	unsoed_down	MAP_packet	250k	17500k	328.0 kbps
LPM/Lemlit	unsoed_down	LPM/lemlit_packet	314k	17500k	72.1 kbps
FKIK_down	unsoed_down	FKIK_packet	150k	17500k	665.5 kbps
Rektorat_down	unsoed_down	Rektorat_paket	438k	17500k	150.0 kbps
Kesehatan_masyarakat_down	unsoed_down	Kesehatan_masyarakat_packet	150k	17500k	0 bps
Kalibakal_down	unsoed_down	Kalibakal_packet	150k	17500k	18.9 kbps
SPMB_down	unsoed_down	SPMB_packet	150k	17500k	2.0 kbps
Farmasi_down	unsoed_down	Farmasi_packet	150k	17500k	0 bps
P2T_down	unsoed_down	P2T_packet	150k	17500k	0 bps
P3AI_down	unsoed_down	P3AI_packet	150k	17500k	15.0 kbps
Kedokteran_down	unsoed_down	Kedokteran_packet	150k	17500k	0 bps

Gambar 3. Queue tree Unsoed.

Unsoed down merupakan *parent* utama, nilai *max limit* pada unsoed down adalah 17.500 kbps atau 17,5 Mbps dan *throughput* yang diperoleh sebesar 16,7 Mbps dari *bandwidth* yang sudah di tentukan. *Throughput* untuk *parent child* yang di dapat berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan, akan tetapi apabila pemakain di setiap *parent child* dalam keadan penuh maka *bandwidth* akan mendapat

jatah sesuai dengan *min limit* yang sudah ditentukan. Apabila total *bandwidth* Unsoed dalam keadaan kosong, dengan teknik HTB total *bandwidth* akan di distribusikan ke *parent-parent* yang lain yang meminta *service*.

Jika semua *client* memiliki prioritas yang sama, maka *client* akan berbagi *bandwidth* sisa. *Max-limit* sebuah *parent child* tidak boleh melebihi *max-limit parent* utama. Jika hal ini terjadi, maka *parent child* tidak akan pernah mencapai *max-limit*, dan hanya akan mendapatkan kecepatan maksimum sebesar *max-limit parent* utama atau lebih kecil dari *max-limit parent child*.

B. Analisis Subyektif Perbandingan HTB dan PCQ di Router Unsoed

Tabel 2. *Independent samples test*

Keterangan	Metode	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Browsing Pagi	1. PCQ	650	3,04	1,192	,047
	2. HTB	650	3,11	1,156	,045
Browsing Siang	1. PCQ	650	2,37	1,072	,042
	2. HTB	650	2,44	1,105	,043
Browsing Sore	1. PCQ	650	2,96	1,196	,047
	2. HTB	650	2,92	1,172	,046
Download Pagi	1. PCQ	650	2,78	1,053	,041
	2. HTB	650	2,84	1,100	,043
Download Siang	1. PCQ	650	2,19	1,030	,040
	2. HTB	650	2,33	1,068	,042
Download Sore	1. PCQ	650	2,94	1,164	,046
	2. HTB	650	2,68	1,126	,044

Hipotesis yang diajukan sebagai berikut.

Ha = ada perbedaan kepuasan pengguna internet antara manajemen *bandwidth* PCQ dan HTB.

Variabel dependen : Kepuasan pengguna internet

Variabel independen : PCQ dan HTB

Berikut merupakan penjelasan dari tabel 2.

1. Penggunaan *browsing* di pagi hari (Pukul 06.00 – 10.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih kecil dibanding HTB ($3,04 < 3,11$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya HTB tersebut tidak signifikan dalam kepuasan pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.
2. Penggunaan *browsing* di siang hari (Pukul 10.00 – 16.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih kecil dibanding HTB ($2,37 < 2,44$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya HTB tersebut tidak signifikan dalam kepuasan pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.
3. Penggunaan *browsing* di sore hari (di atas Pukul 16.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih besar dibanding HTB ($2,96 < 2,92$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya PCQ tersebut tidak signifikan dalam kepuasan

pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.

4. Penggunaan *download* di pagi hari (Pukul 06.00 – 10.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih kecil dibanding HTB ($2,78 < 2,84$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya HTB tersebut tidak signifikan dalam kepuasan pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.
5. Penggunaan *download* di siang hari (Pukul 10.00 – 16.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih kecil dibanding HTB ($2,19 < 2,33$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya HTB tersebut tidak signifikan dalam kepuasan pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.
6. Penggunaan *download* di sore hari (di atas Pukul 16.00 WIB). Dari hasil *mean* yang diperoleh bahwa manajemen PCQ lebih besar dibanding HTB ($2,94 > 2,68$) tetapi selisih diantara keduanya kecil. Ha diterima tapi karena perbedaannya tidak signifikan, sama artinya PCQ tersebut tidak signifikan dalam kepuasan pengguna internet di Unsoed. Toleransi menggunakan taraf kepercayaan 95%.

C. Otomatisasi HTB Menggunakan *Shell Script* Linux

Pada tahap ini manajemen HTB akan dilakukan secara otomatis menggunakan *shell script bash* di server *linux*. Tahapan otomatisasi sebagai berikut.

1. *Shell script* membaca *file* *activeusers.txt* dari mikrotik yang sudah di *backup* menggunakan *system scheduler*.

```
wget --user=admin --password="" ftp://192.168.4.254/activeusers.txt
```
2. Menjalankan perintah hapus dan membuat *file* baru dengan nama *queue-otomatis.rsc*.

```
rm -rf queue-otomatis.rsc
touch queue-otomatis.rsc
echo /queue tree >> queue-otomatis.rsc
```
3. Menuliskan total *bandwidth* dan mendefinisikan IP *address* pada masing-masing *node*.

```
bw=17920
Puskom=10.0.
Fisip=10.1.
MAP=10.2.
TeknikElektro=10.3.
Perpustakaan=10.4.
```
4. Menghitung jumlah total *user* yang aktif.

```
x=$(more activeusers.txt | wc -l)
#echo $x
let hasil=x-5
echo total user = $hasil User
```

5. Menghitung *user* aktif, persentase dan jumlah *bandwidth* pada tiap *node*.

```
Puskom=$(more activeusers.txt | grep -F
$Puskom | wc -l)
persen_Puskom=$(echo
"scale=2;$Puskom*100/$hasil" | bc)
bw_Puskom=$(echo
"scale=0;$persen_Puskom*$bw/100" | bc)
echo user "Puskom" "=" $Puskom User,
$persen_Puskom% , jatah bandwidth =
$bw_Puskom Kbit
```

6. Memasukkan jumlah *bandwidth* tiap *node* ke *limit at* pada *file queue-otomatis.rsc*.

```
echo add burst-limit=0 burst-threshold=0 burst-
time=0s disabled=no limit-at=0 \ >> queue-
otomatis.rsc
echo "      max-limit=0 name=unsoed_down
parent=5-coresw priority=1 " >> queue-
otomatis.rsc
```
7. Masukan baris perintah *upload* ke mikrotik menggunakan ftp (*File Transfer Protocol*)

```
wput -R queue-otomatis.rsc
ftp://admin:@192.168.4.254
```
8. Lakukan pengaturan *system scheduler* untuk melakukan *import file* *queue-otomatis.rsc* agar perintah *queuetree* dapat berjalan di Mikrotik.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Implementasi manajemen *bandwidth* teknik HTB di router internet Unsoed terdiri dari 2 *Global-total* atau *parent* utama, yaitu Unsoed down dan Unsoed up. 29 *Global-in* atau *parent child down* dan 29 *Global-out* atau *parent child up* yang masing-masing *parent* ditentukan *max-limit* sebesar 17,5 Mbps.
2. Hasil analisis t-tes independen sampel dengan melakukan perbandingan berdasarkan kepuasan pengguna internet antara manajemen *bandwidth* PCQ dan HTB dapat dilihat dari nilai rata-rata (*mean*), untuk *browsing* menggunakan HTB adalah 2,823 dan *browsing* menggunakan PCQ sebesar 2,79. Sedangkan nilai rata-rata untuk *download* menggunakan HTB adalah 2,616 dan *download* menggunakan PCQ sebesar 2,636. Dari hasil nilai rata-rata untuk *browsing* dan *download* menunjukkan tidak adanya perbedaan secara signifikan terhadap kepuasan pengguna internet Unsoed diantara kedua manajemen *bandwidth* tersebut.

B. Saran

1. Berdasarkan pengamatan jumlah *user* aktif pada jam sibuk bisa mencapai 500 *user*, sedangkan *bandwidth* yang didistribusikan adalah 17,5 Mbps, maka setiap *user* aktif kira-kira akan mendapatkan jatah *bandwidth* sebesar 35 kbps dengan prinsip *bandwidth* terbagi dengan adil ke setiap *user*, karena kebutuhan *user* akan internet

berbeda-beda akan mengakibatkan pendistribusian *bandwidth* ke *user* tidak merata. Hal ini dapat berakibat terhadap koneksi internet menjadi terasa lebih lambat, sehingga diperlukan adanya penambahan jumlah *bandwidth* di Unsoed.

2. Grafik penggunaan *bandwidth* tiap *node* dengan *script shell* sebagai *report* secara otomatisasi bisa digunakan sebagai bahan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Bandwidth Control*. Availabel, http://www.mikrotik.com/testdocs/ros/2.9/root/queue_content.php (diakses tanggal 13 Juli 2010).
- Anonim. 2009. *MikroTik RouterOS Workshop : QoS Best Practice*. MUM Czech Republic. http://mum.mikrotik.com/presentations/CZ09/QoS_Megis.pdf (diakses tanggal 13 Juli 2010).
- Anonim. 2010. *Manual Queue*. Available, <http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Queue> (diakses tanggal 15 Juli 2010).